

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-332988

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H04N 1/387

G06T 1/00

G09C 5/00

(21)Application number : 11-138914

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 19.05.1999

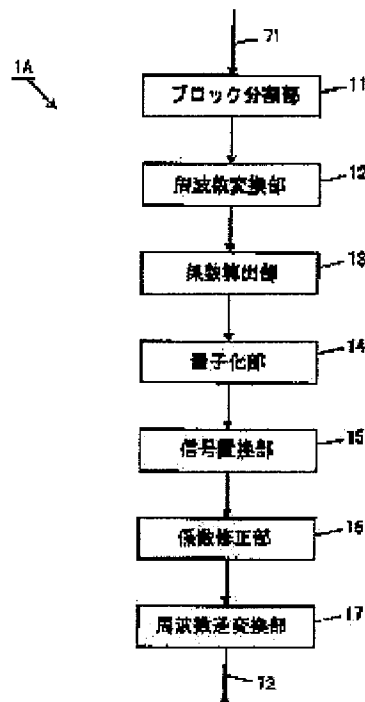
(72)Inventor : INOUE TAKASHI
KATSURA TAKUJI

(54) DEVICE AND METHOD FOR EMBEDDING AND EXTRACTING DIGITAL INFORMATION AND MEDIUM WITH PROGRAM FOR EXECUTING THE METHOD RECORDED THEREON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a digital information embedding and extracting device and a method whose image deterioration due to embedding is small and which have high adaptability to the existing MPEG(moving picture expert group)/JPEG(joint photographic expert group) compression.

SOLUTION: A block dividing part 11 divides an image signal 71 into plural blocks according to a prescribed size. A frequency converting part 12 performs frequency conversion of each block and respectively calculates frequency coefficients. A coefficient calculating part 13 selects a specific frequency coefficient string Ca for each block and calculates respective absolute average values M and energy S. A quantizing part 14 performs linear quantization of M by using a prescribed quantization step size Q to calculate a quantization value (q) in the case S is equal to or more than a prescribed threshold K. A signal substituting part 15 substitutes (q) with the value (q') on the basis of (q) and the value of digital information to be embedded. A coefficient correcting part 16 perform inverse-linear quantization of (q') by using Q, calculates an average value M', calculates the difference DM between M' and M and corrects Ca. A frequency inverse converting part 17 reconstructs an image signal 72 due to frequency inverse conversion.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-332988

(P2000-332988A)

(43)公開日 平成12年11月30日(2000.11.30)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データ* (参考)

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

5 B 0 5 7

G 0 6 T 1/00

G 0 9 C 5/00

5 C 0 7 6

G 0 9 C 5/00

G 0 6 F 15/66

B 5 J 1 0 4

審査請求 未請求 請求項の数33 O L (全 20 頁)

(21)出願番号

特願平11-138914

(22)出願日

平成11年5月19日(1999.5.19)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 井上 尚

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 桂 卓史

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100098291

弁理士 小笠原 史朗

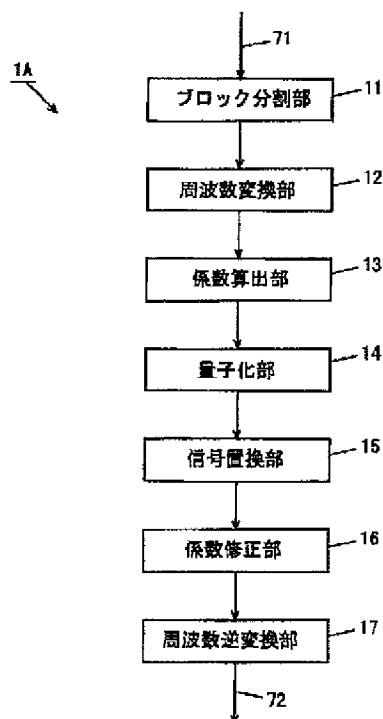
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 デジタル情報埋込み・抽出装置および方法並びに当該方法を実行するためのプログラムを記録した媒体

(57)【要約】

【課題】 埋込みによる画質劣化が少なく、既存のMP EG/JPEG圧縮との親和性が高いデジタル情報埋込み・抽出装置および方法を提供する。

【解決手段】 ブロック分割部11は、画像信号71を所定サイズに従って複数のブロックに分割する。周波数変換部12は、各ブロックを周波数変換して周波数係数を各々算出する。係数算出部13は、各ブロック毎に特定の周波数係数列Caを選択し、各々の絶対平均値MとエネルギーSを計算する。量子化部14は、Sが所定のしきい値K以上であれば、所定の量子化ステップサイズQを用いてMを線形量子化し量子化値qを算出する。信号置換部15は、qと埋込むデジタル情報の値に基づいて、qを値q'へ置換する。係数修正部16は、q'をQを用いて逆線形量子化して平均値M'を求め、M'とMとの差DMを算出してCaを修正する。周波数逆変換部17は、周波数逆変換により画像信号72を再構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 デジタル画像信号内に固有のデジタル情報を埋込むデジタル情報埋込み装置であって、前記デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するブロック分割手段と、前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出する周波数変換手段と、算出した前記周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求める係数算出手段と、前記エネルギーが予め定めたしきい値以上である前記周波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズ Q (Q は、1 以上の整数) を用いて、求められた前記絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出する量子化手段と、前記量子化値と前記デジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換する信号置換手段と、前記置換した量子化値を前記量子化ステップサイズ Q を用いて逆線形量子化して平均値 M' を算出し、当該平均値 M' と前記絶対平均値 M との差 $DM (=M' - M)$ を用いて、前記周波数係数列を修正する係数修正手段と、前記修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、前記デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成する周波数逆変換手段とを備える、デジタル情報埋込み装置。

【請求項 2】 前記エネルギーが前記予め定めたしきい値未満、かつ、予め定めた下限値以上の範囲内である前記周波数係数列に対し、予め定めた値 L (L は、1 以下の実数) を乗算する係数乗算手段をさらに備える、請求項 1 に記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 3】 前記信号置換手段は、前記量子化値を、当該量子化値が偶数かつ前記デジタル情報のビットが論理値 1 (または 0) の場合は、値 (M/Q) に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつ前記デジタル情報のビットが論理値 0 (または 1) の場合は、値 (M/Q) に最も近い偶数の値に置換することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 4】 前記ブロック分割手段は、 8×8 画素のブロックに分割することを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 5】 前記周波数変換手段は、離散コサイン変換 (DCT) による周波数変換を行うことを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 6】 前記係数算出手段は、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 7】 前記係数算出手段は、前記エネルギーとして、前記周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平

均、前記周波数係数列の 2 乗の総和あるいは平均、または、前記周波数係数列の分散のいずれかを計算することを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 8】 前記しきい値の大きさが、前記量子化ステップサイズ Q と等しいか、または、2 倍以上であることを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 9】 前記係数修正手段は、前記量子化値が前記しきい値を前記量子化ステップサイズ Q で除算した値と等しい場合は、前記差 DM の値に予め定めた設定値を加算することを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 10】 前記係数修正手段は、前記差 DM が負符号、かつ、前記周波数係数の絶対値が当該差 DM の絶対値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のデジタル情報埋込み装置。

【請求項 11】 特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有のデジタル情報を、抽出するデジタル情報抽出装置であって、

前記特定の装置が出力するデジタル画像信号を入力し、前記特定の装置が行った前記ブロック分割に準じて、当該デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するブロック分割手段と、前記特定の装置が行った前記周波数変換に準じて、前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出する周波数変換手段と、

算出した前記周波数係数のうち、前記特定の周波数係数列を選択し、前記特定の装置が行った算出手段に準じて、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求める係数算出手段と、

前記エネルギーが予め定めたしきい値以上である前記周波数係数列に対し、前記特定の装置で用いた量子化ステップサイズ Q を用いて、前記絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出する量子化手段と、

前記量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれた前記デジタル情報を抽出する情報抽出手段とを備える、デジタル情報抽出装置。

【請求項 12】 デジタル画像信号内に固有のデジタル情報を埋込むデジタル情報埋込み方法であって、前記デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、算出した前記周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求めるステップと、前記エネルギーが予め定めたしきい値以上である前記周

波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズ Q (Q は、1以上の整数)を用いて、求められた前記絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、
前記量子化値と前記デジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換するステップと、
前記置換した量子化値を前記量子化ステップサイズ Q を用いて逆線形量子化して平均値 M' を算出し、当該平均値 M' と前記絶対平均値 M との差 $DM (=M' - M)$ を用いて、前記周波数係数列を修正するステップと、
前記修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、前記デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成するステップとを備える、デジタル情報埋込み方法。

【請求項13】 前記エネルギーが前記予め定めたしきい値未満、かつ、予め定めた下限値以上の範囲内である前記周波数係数列に対し、予め定めた値 L (L は、1以下の実数)を乗算するステップをさらに備える、請求項12に記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項14】 前記置換するステップは、前記量子化値を、当該量子化値が偶数かつ前記デジタル情報のビットが論理値1 (または0) の場合は、値 (M/Q) に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつ前記デジタル情報のビットが論理値0 (または1) の場合は、値 (M/Q) に最も近い偶数の値に置換することを特徴とする、請求項12または13に記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項15】 前記分割するステップは、 8×8 画素のブロックに分割することを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項16】 前記周波数係数を算出するステップは、離散コサイン変換(DCT)による周波数変換を行うことを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項17】 前記求めるステップは、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項18】 前記計算するステップは、前記エネルギーとして、前記周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平均、前記周波数係数列の2乗の総和あるいは平均、または、前記周波数係数列の分散のいずれかを計算することを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項19】 前記しきい値の大きさが、前記量子化ステップサイズ Q と等しいか、または、2倍以上であることを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項20】 前記修正するステップは、前記量子化値が前記しきい値を前記量子化ステップサイズ Q で除算

した値と等しい場合は、前記差 DM の値に予め定めた設定値を加算することを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項21】 前記修正するステップは、前記差 DM が負符号、かつ、前記周波数係数の絶対値が当該差 DM の絶対値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することを特徴とする、請求項12～14のいずれかに記載のデジタル情報埋込み方法。

【請求項22】 特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有のデジタル情報を、抽出するデジタル情報抽出方法であって、

前記特定の装置が出力するデジタル画像信号を入力し、前記特定の装置が行った前記ブロック分割に準じて、当該デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、
前記特定の装置が行った前記周波数変換に準じて、前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、

算出した前記周波数係数のうち、前記特定の周波数係数列を選択し、前記特定の装置が行った算出手法に準じて、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求めるステップと、

前記エネルギーが予め定めたしきい値以上である前記周波数係数列に対し、前記特定の装置で用いた量子化ステップサイズ Q を用いて、前記絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、
前記量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれたデジタル情報を抽出するステップとを備える、デジタル情報抽出方法。

【請求項23】 コンピュータ装置において実行されるプログラムを記録した記録媒体であって、
デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、
前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、
算出した前記周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対値平均 M とエネルギーとを求めるステップと、

前記エネルギーが予め定めたしきい値以上である前記周波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズ Q (Q は、1以上の整数)を用いて、求められた前記平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、
前記量子化値と前記デジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換するステップと、
前記置換した量子化値を前記量子化ステップサイズ Q を用いて逆線形量子化して平均値 M' を算出し、当該平均値 M' と前記平均値 M との差 $DM (=M' - M)$ を用いて、低域成分の前記周波数係数列を修正するステップと、

前記修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、前記デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成するステップとを含む動作環境を、前記コンピュータ装置上で実現するプログラムを記録した、記録媒体。

【請求項 24】 前記エネルギーが前記予め定めたいきい値未満、かつ、予め定めたいきい値以上の範囲内である前記周波数係数列に対し、予め定めたいきい値 L (L は、1 以下の実数) を乗算するステップをさらに備える、請求項 23 に記載の記録媒体。

【請求項 25】 前記置換するステップは、前記量子化値を、当該量子化値が偶数かつ前記デジタル情報のビットが論理値 1 (または 0) の場合は、値 (M/Q) に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつ前記デジタル情報のビットが論理値 0 (または 1) の場合は、値 (M/Q) に最も近い偶数の値に置換することとを特徴とする、請求項 23 または 24 に記載の記録媒体。

【請求項 26】 前記分割するステップは、 8×8 画素のブロックに分割することとを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 27】 前記周波数係数を算出するステップは、離散コサイン変換 (DCT) による周波数変換を行うことを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 28】 前記求めるステップは、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することとを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 29】 前記計算するステップは、前記エネルギーとして、前記周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平均、前記周波数係数列の 2 乗の総和あるいは平均、または、前記周波数係数列の分散のいずれかを計算することとを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 30】 前記しきい値の大きさが、前記量子化ステップサイズ Q と等しいか、または、2 倍以上であることを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 31】 前記修正するステップは、前記量子化値が前記しきい値を前記量子化ステップサイズ Q で除算した値と等しい場合は、前記差 DM の値に予め定めたいきい値を加算することとを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 32】 前記修正するステップは、前記差 DM が負符号、かつ、前記周波数係数の絶対値が当該差 DM の絶対値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することとを特徴とする、請求項 23 ～ 25 のいずれかに記載の記録媒体。

【請求項 33】 コンピュータ装置において実行されるプログラムを記録した記録媒体であって、特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有

のデジタル情報に対し、当該特定の装置が出力する再構成したデジタル画像信号を入力し、当該特定の装置が行った当該ブロック分割に準じて、予め定めたいきい値の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、前記特定の装置が行った前記周波数変換に準じて、前記分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、

算出した前記周波数係数のうち、前記特定の周波数係数列を選択し、前記特定の装置が行った算出手法に準じて、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求めるステップと、

前記エネルギーが予め定めたいきい値以上である前記周波数係数列に対し、前記特定の装置で用いた量子化ステップサイズ Q を用いて、前記絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、

前記量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれたデジタル情報を抽出するステップとを含む動作環境を、前記コンピュータ装置上で実現するプログラムを記録した、記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル情報埋込み・抽出装置および方法並びに当該方法を実行するためのプログラムを記録した媒体に関し、より具体的には、デジタルデータの著作権保護のため、画像信号に著作権情報などのデジタルデータ (以下、デジタル情報と称する) を埋込み、そして、抽出するデジタル情報埋込み・抽出装置および方法並びに当該方法を実行するためのプログラムを記録した媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、インターネットを利用した情報の提供が盛んになっている。特に WWW (World Wide Web) は、画像や音声などを統合した情報送受信サービスとして頻繁に利用されている。しかしながら、インターネットのネットワーク上に公開された画像などのデジタル情報は、不特定多数の利用者が容易にコピーすることができる。このため、第三者が著作権を有する画像を当該著作権者に無断で不正コピーを行って、二次的利用をするなどの問題が起こっている。また、画像ベースのコンテンツを用いたインターネット上でのビジネスの展開においても不正コピーへの対策が問題となっており、画像信号の著作権を保護する技術の確立が求められている。

【0003】従来、その対策の 1 つとして知られているものに電子透かし技術がある。電子透かしとは、画像データ内部に人間には知覚できないような形でデジタル情報を埋込む技術である。従来の電子透かし技術として、例えば、中村、小川、高嶋著「デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式」(暗号と情報セキュリティシンポジウム、SCIS'97-2

6A、1997年1月)に記載されている離散コサイン変換(DCT)を用いた電子透かし技術(以下、中村らの技術という)がある。以下、この中村らの技術について、簡単に説明する。

【0004】中村らの技術では、埋込みに際して、まず、デジタル画像信号を 8×8 画素のブロックに分割し、各ブロックをDCT演算して周波数変換を行う(すなわち、周波数係数を求める)。次に、直流成分の周波数係数(DC係数)を除く低域成分の周波数係数からランダムに1つの周波数係数Cを取り出し、下記式(1)に示すように、量子化ステップサイズhを用いて周波数係数Cを再量子化して量子化値qを求める。なお、関数int[x]は、xの線形量子化を表す。

$$q = \text{int} [C/h] \times h \quad \cdots (1)$$

【0005】ここで、中村らの技術では、周波数係数Cに最も近い整数値を選び、ブロックに埋込むデジタル情報のビットbが「0」ならば下記式(2)に基づいて、ブロックに埋込むデジタル情報のビットbが「1」ならば下記式(3)に基づいて、周波数係数Cの値を修正する。なお、tは、最近傍を選択するための自然数である。

$$C \leftarrow q + h t + q/4 \quad \cdots (2)$$

$$C \leftarrow q + h t + 3q/4 \quad \cdots (3)$$

【0006】一方、中村らの技術では、抽出に際して、まずデジタル情報を埋込んだ周波数係数Cを取り出し、次にそれを量子化ステップサイズhを用いて、上記式(1)により再量子化して量子化値qを求める。そして、量子化値qと周波数係数Cとの差分p(=C-q)を求めて、下記式(4)および式(5)の判定を行い、埋込まれたデジタル情報のビットbの値を抽出する。

$$0 \leq p < h/2 \rightarrow b=0 \quad \cdots (4)$$

$$h/2 \leq p < h \rightarrow b=1 \quad \cdots (5)$$

【0007】このように、上記中村らの技術では、乱数系列を用いてDC係数を除く低域成分の周波数係数Cの埋込み位置を秘匿するとともに、パラメータhによる再量子化という誤差成分を導入することによって、第三者には埋込んだデジタル情報が解読されにくい秘匿性を有する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記中村らの技術では、すべてのブロックにデジタル情報を埋込むことを行っているために、デジタル画像信号の平坦な部分に対応するブロックで画質劣化が生じてしまう。また、低域成分の1つの周波数係数Cにしか埋込みを行わないため、第三者による不正利用のための攻撃(例えば、画像圧縮など)に対して、埋込んだデジタル情報が消失してしまう恐れがある。

【0009】それ故、本発明の目的は、直流成分を除く低域成分の周波数係数のうち、複数の周波数係数の平均値を用いてデジタル情報を埋込み、しかも、復号時の画

質劣化を少なくするために、画像信号の詳細部分に対応するブロックにデジタル情報を埋込むと共に、第三者による不正利用のための攻撃に対しても、埋込んだデジタル情報が消失しないで残存する(一般に、このことを耐性があると言う)デジタル情報の埋込み・抽出装置および方法並びに当該方法を実行するためのプログラムを記録した媒体を提供することである。さらに、本発明の他の目的は、既存の画像圧縮符号化であるMPEG(Moving Picture Experts Group)/JPEG(Joint Photographic Experts Group)との親和性が高い電子透かしシステムを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、デジタル画像信号内に固有のデジタル情報を埋込むデジタル情報埋込み装置であって、デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するブロック分割手段と、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出する周波数変換手段と、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対平均値Mとエネルギーとを求める係数算出手段と、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズQ(Qは、1以上の整数)を用いて、求められた絶対平均値Mを線形量子化して量子化値を算出する量子化手段と、量子化値とデジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換する信号置換手段と、置換した量子化値を量子化ステップサイズQを用いて逆線形量子化して平均値M'を算出し、当該平均値M'と絶対平均値Mとの差DM(=M'-M)を用いて、周波数係数列を修正する係数修正手段と、修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成する周波数逆変換手段とを備える。

【0011】上記のように、第1の発明によれば、周波数係数列のエネルギーを判断してデジタル情報を埋込む。これにより、復号時の画質劣化を少なくでき、第三者による不正利用のための攻撃に対して、埋込んだデジタル情報の消失を防ぐことができる。

【0012】第2の発明は、第1の発明に従属する発明であって、エネルギーが予め定めたしきい値未満、かつ、予め定めた下限値以上の範囲内である周波数係数列に対し、予め定めた値L(Lは、1以下の実数)を乗算する係数乗算手段をさらに備える。

【0013】上記のように、第2の発明によれば、第1の発明において、エネルギーが予め定めたしきい値に近い場合のみ、当該周波数係数列をある予め定めた値Lで乗算することで、第三者による不正利用のための攻撃に対して、しきい値以上であるか否かを判断する場合の誤検出/検出もれを防ぐことができる。従って、埋込んだデジタル情報をより正確に取り出すことができる。

【0014】第3の発明は、第1および第2の発明に従属する発明であって、信号置換手段は、量子化値を、当該量子化値が偶数かつデジタル情報のビットが論理値1（または0）の場合は、値（ M/Q ）に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつデジタル情報のビットが論理値0（または1）の場合は、値（ M/Q ）に最も近い偶数の値に置換することを特徴とする。

【0015】上記のように、第3の発明によれば、第1および第2の発明において、デジタル情報のビットの論理値に基づいて、量子化値を値（ M/Q ）に最も近い奇数か偶数の値に置換することで、抽出時の画像劣化への影響を少なくでき、埋込んだデジタル情報の第三者による検知がしにくくなる。

【0016】第4の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、ブロック分割手段は、 8×8 画素のブロックに分割することを特徴とする。

【0017】第5の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、周波数変換手段は、離散コサイン変換（DCT）による周波数変換を行うことを特徴とする。

【0018】上記のように、第4および第5の発明によれば、それぞれ第1～第3の発明において、MPEG/JPEGで用いられている 8×8 画素のDCT演算を行うので、既存の画像圧縮符号化との親和性がよい。

【0019】第6の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、係数算出手段は、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することを特徴とする。

【0020】上記のように、第6の発明によれば、第1～第3の発明において、直流成分に近隣した低域成分の周波数係数列にデジタル情報を埋込むので、不正利用者の攻撃に対する影響を受けることなく、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

【0021】第7の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、係数算出手段は、エネルギーとして、周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平均、周波数係数列の2乗の総和あるいは平均、または、周波数係数列の分散のいずれかを計算することを特徴とする。

【0022】上記のように、第7の発明は、第1～第3の発明における係数算出手段が行う典型的なエネルギーの算出方式を特定したものである。

【0023】第8の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、しきい値の大きさが、量子化ステップサイズQと等しいか、または、2倍以上であることを特徴とする。

【0024】上記のように、第8の発明によれば、第1～第3の発明において、しきい値と量子化ステップサイズQの値を制御することによって、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

【0025】第9の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、係数修正手段は、量子化値がしきい値を量子化ステップサイズQで除算した値と等しい場合

は、差DMの値に予め定めた設定値を加算することを特徴とする。

【0026】上記のように、第9の発明によれば、第1～第3の発明において、差DMの値を操作することにより、復号時の画質劣化を少なくできる。さらに、第三者による不正利用のための攻撃に対して、しきい値以上であるか否かを判断する場合の誤検出/検出もれを防ぐことができる。従って、埋込んだデジタル情報をより正確に取り出すことができる。

【0027】第10の発明は、第1～第3の発明に従属する発明であって、係数修正手段は、差DMが負符号、かつ、周波数係数の絶対値が当該差DMの絶対値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することを特徴とする。

【0028】上記のように、第10の発明によれば、第1～第3の発明において、差DMの絶対値よりも周波数係数の絶対値が小さい場合は、周波数係数の絶対値を小さくするように修正できないため、当該周波数係数を零にする。これにより、複数の周波数係数の絶対平均値Mを用いてデジタル情報を埋込む際の誤差を小さくできるため、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

【0029】第11の発明は、特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有のデジタル情報を、抽出するデジタル情報抽出装置であって、特定の装置が出力するデジタル画像信号を入力し、特定の装置が行ったブロック分割に準じて、当該デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するブロック分割手段と、特定の装置が行った周波数変換に準じて、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出する周波数変換手段と、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、特定の装置が行った算出手法に準じて、当該周波数係数列の絶対値平均Mとエネルギーとを求める係数算出手段と、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、特定の装置で用いた量子化ステップサイズQを用いて、絶対平均値Mを線形量子化して量子化値を算出する量子化手段と、量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれたデジタル情報を抽出する情報抽出手段とを備える。

【0030】上記のように、第11の発明によれば、特定の周波数係数の絶対平均値Mを抽出し、予め定めた方法で周波数係数の絶対平均値Mの量子化値を算出した結果により、埋込んだデジタル情報の論理値を判断する。従って、不正利用者の攻撃に対する影響を受けることなく、正確なデジタル情報を取り出すことができる。

【0031】第12の発明は、デジタル画像信号内に固有のデジタル情報を埋込むデジタル情報埋込み方法であって、デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構

10

20

30

40

50

成される複数のブロックに分割するステップと、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求めるステップと、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズ Q (Q は、1以上の整数)を用いて、求められた絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、量子化値とデジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換するステップと、置換した量子化値を量子化ステップサイズ Q を用いて逆線形量子化して平均値 M' を算出し、当該平均値 M' と絶対平均値 M との差 $DM (=M' - M)$ を用いて、周波数係数列を修正するステップと、修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成するステップとを備える。

【0032】上記のように、第12の発明によれば、周波数係数列のエネルギーを判断してデジタル情報を埋込む。これにより、復号時の画質劣化を少なくでき、第三者による不正利用のための攻撃に対して、埋込んだデジタル情報の消失を防ぐことができる。

【0033】第13の発明は、第12の発明に従属する発明であって、エネルギーが予め定めたしきい値未満、かつ、予め定めた下限値以上の範囲内である周波数係数列に対し、予め定めた値 L (L は、1以下の実数)を乗算するステップをさらに備える。

【0034】上記のように、第13の発明によれば、第12の発明において、エネルギーが予め定めたしきい値に近い場合のみ、当該周波数係数列をある予め定めた値 L で乗算することで、第三者による不正利用のための攻撃に対して、しきい値以上であるか否かを判断する場合の誤検出/検出もれを防ぐことができる。従って、埋込んだデジタル情報をより正確に取り出すことができる。

【0035】第14の発明は、第12および第13の発明に従属する発明であって、置換するステップは、量子化値を、当該量子化値が偶数かつデジタル情報のビットが論理値1 (または0) の場合は、値 (M/Q) に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつデジタル情報のビットが論理値0 (または1) の場合は、値 (M/Q) に最も近い偶数の値に置換することを特徴とする。

【0036】上記のように、第14の発明によれば、第12および第13の発明において、デジタル情報のビットの論理値に基づいて、量子化値を値 (M/Q) に最も近い奇数か偶数の値に置換することで、抽出時の画質劣化への影響を少なくでき、埋込んだデジタル情報の第三者による検知がしにくくなる。

【0037】第15の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、分割するステップは、 8×8 画素のブロックに分割することを特徴とする。

【0038】第16の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、周波数係数を算出するステップは、離散コサイン変換(DCT)による周波数変換を行うことを特徴とする。

【0039】上記のように、第15および第16の発明によれば、それぞれ第12～第14の発明において、MPEG/JPEGで用いられている 8×8 画素のDCT演算を行うので、既存の画像圧縮符号化との親和性がよい。

10 【0040】第17の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、求めるステップは、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することを特徴とする。

【0041】上記のように、第17の発明によれば、第12～第14の発明において、直流成分に近隣した低域成分の周波数係数列にデジタル情報を埋込むので、不正利用者の攻撃に対する影響を受けることなく、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

20 【0042】第18の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、計算するステップは、エネルギーとして、周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平均、周波数係数列の2乗の総和あるいは平均、または、周波数係数列の分散のいずれかを計算することを特徴とする。

【0043】上記のように、第18の発明は、第12～第14の発明における係数算出手段が行う典型的なエネルギーの算出方式を特定したものである。

30 【0044】第19の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、しきい値の大きさが、量子化ステップサイズ Q と等しいか、または、2倍以上であることを特徴とする。

【0045】上記のように、第19の発明によれば、第12～第14の発明において、しきい値と量子化ステップサイズ Q の値を制御することによって、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

40 【0046】第20の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、修正するステップは、量子化値がしきい値を量子化ステップサイズ Q で除算した値と等しい場合は、差 DM の値に予め定めた設定値を加算することを特徴とする。

【0047】上記のように、第20の発明によれば、第12～第14の発明において、差 DM の値を操作することにより、復号時の画質劣化を少なくできる。さらに、第三者による不正利用のための攻撃に対して、しきい値以上であるか否かを判断する場合の誤検出/検出もれを防ぐことができる。従って、埋込んだデジタル情報をより正確に取り出すことができる。

50 【0048】第21の発明は、第12～第14の発明に従属する発明であって、修正するステップは、差 DM が負符号、かつ、周波数係数の絶対値が当該差 DM の絶対

値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することを特徴とする。

【0049】上記のように、第21の発明によれば、第12～第14の発明において、差DMの絶対値よりも周波数係数の絶対値が小さい場合は、周波数係数の絶対値を小さくなるように修正できないため、当該周波数係数を零にする。これにより、複数の周波数係数の絶対平均値Mを用いてデジタル情報を埋込む際の誤差を小さくできるため、より正確にデジタル情報を取り出すことができる。

【0050】第22の発明は、特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有のデジタル情報を、抽出するデジタル情報抽出方法であって、特定の装置が出力するデジタル画像信号を入力し、特定の装置が行ったブロック分割に準じて、当該デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、特定の装置が行った周波数変換に準じて、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、特定の装置が行った算出手法に準じて、当該周波数係数列の絶対平均値Mとエネルギーとを求めるステップと、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、特定の装置で用いた量子化ステップサイズQを用いて、絶対平均値Mを線形量子化して量子化値を算出するステップと、量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれたデジタル情報を抽出するステップとを備える。

【0051】上記のように、第22の発明によれば、特定の周波数係数の絶対平均値Mを抽出し、予め定めた方法で周波数係数の絶対平均値Mの量子化値を算出した結果により、埋込んだデジタル情報の論理値を判断する。従って、不正利用者の攻撃に対する影響を受けることなく、正確なデジタル情報を取り出すことができる。

【0052】第23の発明は、コンピュータ装置において実行されるプログラムを記録した記録媒体であって、デジタル画像信号を予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、当該周波数係数列の絶対平均値Mとエネルギーとを求めるステップと、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、予め定めた量子化ステップサイズQ（Qは、1以上の整数）を用いて、求められた平均値Mを線形量子化して量子化値を算出するステップと、量子化値とデジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値を所定の値に置換するステップと、置換した量子化値を量子化ステップサイズQを用いて逆線形量子化して平均値M'を算出し、当該平均値M'と平均値Mとの差DM（ $=M'-M$ ）を用いて、低域成分の周波

数係数列を修正するステップと、修正された後の複数のブロックを周波数逆変換して、デジタル情報を埋込んだデジタル画像信号を再構成するステップとを含む動作環境を、コンピュータ装置上で実現するプログラムを記録している。

【0053】第24の発明は、第23の発明に従属する発明であって、エネルギーが予め定めたしきい値未満、かつ、予め定めた下限値以上の範囲内である周波数係数列に対し、予め定めた値L（Lは、1以下の実数）を乗算するステップをさらに備える。

【0054】第25の発明は、第23および第24の発明に従属する発明であって、置換するステップは、量子化値を、当該量子化値が偶数かつデジタル情報のビットが論理値1（または0）の場合は、値（ M/Q ）に最も近い奇数の値に、当該量子化値が奇数かつデジタル情報のビットが論理値0（または1）の場合は、値（ M/Q ）に最も近い偶数の値に置換することを特徴とする。

【0055】第26の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、分割するステップは、 8×8 画素のブロックに分割することを特徴とする。

【0056】第27の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、周波数係数を算出するステップは、離散コサイン変換（DCT）による周波数変換を行うことを特徴とする。

【0057】第28の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、求めるステップは、直流成分を除く低域成分の周波数係数列を選択することを特徴とする。

【0058】第29の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、計算するステップは、エネルギーとして、周波数係数列の振幅絶対値の総和あるいは平均、周波数係数列の2乗の総和あるいは平均、または、周波数係数列の分散のいずれかを計算することを特徴とする。

【0059】第30の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、しきい値の大きさが、量子化ステップサイズQと等しいか、または、2倍以上であることを特徴とする。

【0060】第31の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、修正するステップは、量子化値がしきい値を量子化ステップサイズQで除算した値と等しい場合は、差DMの値に予め定めた設定値を加算することを特徴とする。

【0061】第32の発明は、第23～第25の発明に従属する発明であって、修正するステップは、差DMが負符号、かつ、周波数係数の絶対値が当該差DMの絶対値より小さい場合は、当該周波数係数を零に修正することを特徴とする。

【0062】第33の発明は、コンピュータ装置において実行されるプログラムを記録した記録媒体であって、

特定の装置によって、デジタル画像信号をブロック分割し周波数変換した特定の周波数係数列に埋込まれた固有のデジタル情報に対し、当該特定の装置が出力する再構成したデジタル画像信号を入力し、当該特定の装置が行った当該ブロック分割に準じて、予め定めた複数の画素から構成される複数のブロックに分割するステップと、特定の装置が行った周波数変換に準じて、分割されたブロックを周波数変換して周波数係数を算出するステップと、算出した周波数係数のうち、特定の周波数係数列を選択し、特定の装置が行った算出手法に準じて、当該周波数係数列の絶対平均値 M とエネルギーとを求めるステップと、エネルギーが予め定めたしきい値以上である周波数係数列に対し、特定の装置で用いた量子化ステップサイズ Q を用いて、絶対平均値 M を線形量子化して量子化値を算出するステップと、量子化値が偶数か奇数かを判定し、当該判定の結果に基づいて埋込まれたデジタル情報を抽出するステップとを含む動作環境を、コンピュータ装置上で実現するプログラムを記録している。

【0063】上記のように、第23～第33の発明は、第12～第22の発明のデジタル情報埋込み・抽出方法を実行するプログラムを記録した記録媒体である。これは、既存の装置に対し、第12～第22の発明のデジタル情報埋込み・抽出方法を、ソフトウェアの形態で供給することに対応させたものである。

【0064】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置の構成を示すブロック図である。図1において、第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aは、ブロック分割部11と、周波数変換部12と、係数算出部13と、量子化部14と、信号置換部15と、係数修正部16と、周波数逆変換部17と備える。

【0065】ブロック分割部11は、デジタル化された画像信号71を入力し、予め定めたブロックサイズに従って複数のブロックに分割する。周波数変換部12は、ブロック分割部11が分割したブロックごとに周波数変換を行うことで、周波数係数 C をそれぞれ算出する。係数算出部13は、周波数変換部12で得られた周波数係数 C のうち特定の周波数係数 C を複数選択し、選択した周波数係数 C の絶対値の平均値（以下、絶対平均値という） M とエネルギー S とを計算する。量子化部14は、係数算出部13で求めたエネルギー S が予め定めたしきい値 K 以上である場合にのみ、予め定めた量子化ステップサイズ Q を用いて、求めた絶対平均値 M を線形量子化して量子化値 q を算出する。信号置換部15は、量子化値 q と埋込むデジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値 q を値 $(q-1)$ または値 $(q+1)$ に置換して出力するか、そのままの値 q を出力する。係数修正部16は、信号置換部15が出力する量子化値 $(q-1)$ 、 $(q+1)$ または q を、量子化ステップサイズ Q を用い

て逆線形量子化することで平均値 M' を求め、上記絶対平均値 M との差 $DM (=M' - M)$ を算出し、上記選択した周波数係数 C のすべてを修正する。周波数逆変換部17は、ブロック分割部11で分割されたすべてのブロックをそれぞれ周波数逆変換して、画像信号72を再構成する。

【0066】以下、図2～図4を参照して、第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aが行うデジタル情報埋込み方法を順に説明する。図2は、ブロック分割部11および周波数変換部12が行う処理の一例を示す図である。図3は、図1の係数算出部13、量子化部14、信号置換部15および係数修正部16で行う処理を示すフローチャートである。図4は、図1の信号置換部15で行う処理の一例を示す図である。また、以下の説明において、デジタル画像に埋込むデジタル情報は、著作権者の氏名または作成年月日等が2進数化されたビットストリームであるとする。

【0067】図2を参照して、まず、ブロック分割部11は、デジタル画像信号71を入力し、予め定めたブロックサイズに従って、当該デジタル画像信号71を第1～第 N （ N は、2以上の整数。以下同じ）のブロックに分割する。この分割するブロック数 N は、埋込むデジタル情報の論理値の個数以上であればよい。次に、周波数変換部12は、ブロック分割部11が分割した第1～第 N ブロックの信号をそれぞれ周波数変換して、同じブロックサイズの周波数係数 C をそれぞれ算出する。図2では、ブロック分割部11および周波数変換部12において、画像信号71が 8×8 サイズの画素で構成される複数のブロックに分割され（図2（a））、各ブロックについて離散コサイン変換（DCT）による直交変換が行われた場合を示している（図2（b）から図2（c）へ）。ここで、図2（c）に示す周波数係数 C の中で、左上の周波数係数 C が直流成分（DC）であり、その他の周波数係数 C を交流成分と呼ぶ。なお、このブロックサイズは、図2で例示した 8×8 サイズ以外の任意のサイズであってもかまわない。

【0068】次に、図3を参照して、まず、係数算出部13は、ブロック分割部11で分割されたブロックの位置を示すカウンタ n （ $n=1 \sim N$ のそれぞれをとる。以下同じ）の値を「1」とする（ステップS301）。次に、係数算出部13は、周波数変換部12で求めた第 n ブロック目の複数の周波数係数 C のうち、特定の周波数係数 $C_1 \sim C_a$ （ a は、1以上の整数）を選択する（ステップS302）。なお、以下、この選択した周波数係数 $C_1 \sim C_a$ 群を、周波数係数列 C_a と称する。ここで、本発明においては、より直流成分に近い低域成分の周波数係数列 C_a を選択するのが最も好ましい。例えば、図2（c）の例においては、直流成分に近隣する9個の周波数係数 $C_1 \sim C_9$ （同図中、太線で囲んだ部分）の周波数係数列 C_9 を選択している。さらに、係数

算出部13は、上記選択した周波数係数列Caの絶対平均値MとエネルギーSとをそれぞれ計算する（ステップS303）。このエネルギーSの計算には、例えば、周波数係数列Caを構成する各周波数係数C₁～C_aの振幅絶対値の総和あるいは平均を求める方法、2乗の総和あるいは平均を求める方法、または、分散を求める方法等を用いる。

【0069】次に、量子化部14は、上記ステップS303で計算したエネルギーSが、予め定めたしきい値K以上であるか否かを判定する（ステップS304）。このしきい値Kは、デジタル情報を埋込んでも画質劣化に影響がないかを判断するための値である。従って、しきい値Kは、一義的に定まるものではなく、装置の使用目的および扱う画像信号のレベル等に対応させて適宜任意に設定することができる。これらの処理により、画質劣化に大きな影響を与えないブロックに対してのみ、埋込み処理を行うことができる。

【0070】上記ステップS304の判定においてエネルギーSがしきい値K以上である場合は、予め定めた量子化ステップサイズQ（Qは、1以上の整数）を用いて、絶対平均値Mを線形量子化して量子化値qを算出する（ステップS305）。ここで、線形量子化とは、ある数値を、当該数値の小数点以下を四捨五入則に従って切り上げまたは切り捨てることで整数化することをいう（なお、関数int[x]は、xの線形量子化を表すものとする）。また、量子化ステップサイズQは、簡単に言うと、埋込むデジタル情報が論理値「1」である場合の置換値と、論理値「0」である場合の置換値との間隔であり、また置換量でもある。このため、量子化ステップサイズQを小さくすると画質劣化は少なくなるが攻撃に対して弱くなり、大きくすると攻撃に対しては強くなるが置換量が大きくなるため画質劣化が顕著になる。従って、量子化ステップサイズQは、一義的に定まるものではなく、使用目的および対象画像信号によって任意に設定することができる。なお、本発明の第1の実施形態の説明においては、量子化ステップサイズQ=10としている。

【0071】例えば、上記ステップS303で選択した周波数係数列C₉が、

$C_9 = \{80, -60, 45, 20, -25, 20, 10, -10, 9\}$

であった場合、この周波数係数列C₉の絶対平均値Mは、 $31 (= 279/9)$ となる。従って、量子化値qは上述のように、

$q = \text{int}[M/Q] = \text{int}[31/10] = 3$

となる。

【0072】これに対し、上記ステップS304の判定においてエネルギーSがしきい値K未満の場合には、第nブロックにはデジタル情報を埋込むべきでないと判断し、次のブロックを特定するために、カウンタnの値に

「1」を加えて（ステップS319）、ステップS302以降の処理を繰り返す。

【0073】次に、信号置換部15は、第nブロックに埋込むデジタル情報の論理値（「1」か「0」）を抽出する（ステップS306）。その後、信号置換部15は、量子化値qが偶数か奇数かを判定する（ステップS307）。上記ステップS307の判定において量子化値qが偶数の場合、信号置換部15は、上記ステップS306で抽出した論理値が「1」か否かをさらに判定する（ステップS308）。このステップS308の判定において埋込む論理値が「1」の場合、信号置換部15は、 M/Q の値に最も近い奇数（ $q+1$ または $q-1$ のいずれか）を量子化値q'とする（すなわち、量子化値をqからq'に置換する）（ステップS310）。これに対し、上記ステップS308の判定において埋込む論理値が「0」の場合、信号置換部15は、量子化値qの値をそのまま量子化値q'とする（ステップS312）。一方、上記ステップS307の判定において量子化値qが偶数でない場合（つまり、奇数の場合）、信号置換部15は、埋込む論理値が「0」か否かをさらに判定する（ステップS309）。このステップS309の判定において埋込む論理値が「0」の場合、信号置換部15は、 M/Q の値に最も近い偶数（ $q+1$ または $q-1$ のいずれか）を量子化値q'とする（ステップS311）。これに対し、上記ステップS309の判定において埋込む論理値が「1」の場合、信号置換部15は、量子化値qの値をそのまま量子化値q'とする（ステップS312）。

【0074】例えば、図4を参照して、絶対平均値 $M=31$ 、量子化ステップサイズ $Q=10$ である場合、量子化値qは奇数の「3」であり、また、 $M/Q=3.1$ である。よって、上述したステップS307～S312に従うと、デジタル情報の論理値「1」を埋込む場合には、量子化値qが奇数であるのでそのまま $q=3$ の値を量子化値q'＝3とする。逆に、デジタル情報の論理値「0」を埋込む場合には、 $M/Q=3.1$ の値に最も近い偶数、すなわち「4」を量子化値q'（ $=q+1$ ）とする。

【0075】次に、係数修正部16は、上記ステップS310～S312のいずれかで求めた量子化値q'と量子化ステップサイズQとを用いて逆線形量子化を行い、平均値M'（ $=q' \times Q$ ）を算出する（ステップS313）。そして、係数修正部16は、算出した平均値M'と上記ステップS303で求めた絶対平均値Mとの差 D （ $=M' - M$ ）を求める（ステップS314）。さらに、係数修正部16は、上記ステップS302で選択した周波数係数列Caの符号が正か負かを判定する（ステップS315）。ここで、周波数係数列Caの符号の判定とは、周波数係数列Caを構成する各周波数係数C₁～C_aのそれぞれの符号の判定を意味する。そして、係

数修正部16は、周波数係数 $C_1 \sim C_a$ の各々について、上記ステップS315の判定において周波数係数 C_x の符号が正の場合（ただし、零を含む）には差DMを加算し（ステップS316）、周波数係数 C_x の符号が負の場合には差DMを減算して（ステップS317）、修正後の周波数係数列 C_a' を求める。

【0076】例えば、上記ステップS303で選択した周波数係数列 C_9 が、

$C_9 = \{80, -60, 45, 20, -25, 20, 10, -10, 9\}$

であった場合、埋込む論理値が「0」の場合は、上述のとおり $q' = 4$ であるので、逆線形量子化した後の平均値 M' は、

$$M' = q' \times Q = 4 \times 10 = 40$$

となり、絶対平均値 M との差DMは、

$$DM = M' - M = 40 - 31 = +9$$

となる。従って、修正後の周波数係数列 C_9' は、絶対値が「9」だけ大きくなるように正符号の周波数係数 C には「9が加算」され、負符号の周波数係数 C には「9が減算」されて、

$C_9' = \{89, -69, 54, 29, -34, 29, 19, -19, 18\}$

となる。

【0077】ここで、上記ステップS317において、差DMの値が負、かつ、周波数係数 C_x の絶対値が当該差DMの絶対値より小さい場合、修正後の周波数係数 C_x' の絶対値が、修正前に対して小さくならず逆に大きくなってしまいう現象が生じる。例えば、差 $DM = -9$ 、周波数係数 $C_x = 3$ の場合であり、修正後の周波数係数 C_x' は -6 となる。そこで、上記のような場合、生じる誤差をなるべく少なくするために、係数修正部16は、周波数係数 C_x' を零として修正する。

【0078】また、周波数係数列 C_a の絶対平均値 M がしきい値 K 以上であっても、置換した量子化値 q' が K/Q の値と等しい場合には、係数修正部16が逆線形量子化して求める平均値 M' が、

$$M' = q' \times Q = (K/Q) \times Q = K$$

となり、修正後の周波数係数列 C_a' の絶対平均値がしきい値 K の値になるように修正されてしまうことになる。そこで、上記のように場合、係数修正部16は、差 $DM (=M' - M = K - M \leq 0)$ の値に予め定めた設定値を加算することで、絶対平均値 M がしきい値 K より大きくなるように差DMの値を変更する。

【0079】そして、係数算出部13、量子化部14、信号置換部15および係数修正部16は、以上述べたデジタル情報の埋込み処理（上記ステップS302～S317）を、第1～第 N ブロックのすべてについて埋込み処理を行ったか否かを判断する（ステップS318）。このステップS318の判断においてまだ第 N ブロックまで埋込んでいない場合には、次の第 $(n+1)$ ブロッ

クの埋込み処理に移行すべく、カウンタ n の値に「1」を加えた後（ステップS319）、上記ステップS302に戻って同様の処理を繰り返す。一方、上記ステップS318の判断において第 N ブロックまで埋込んだ場合には、埋込み処理が終了する。デジタル情報の埋込み処理が終わると、周波数逆変換部17は、すべてのブロックをそれぞれ周波数逆変換（図2（c）から図2（b）へのIDCT）して、デジタル情報を埋込んだ画像信号72を再構成する。

10 【0080】なお、デジタル情報のビット数が分割したブロック数より少ない場合には、例えば、デジタル情報を一通り埋込んだ後に当該デジタル情報の第1ビットに戻って引続き埋込む方法や、余ったブロックにすべて「0（または1）」のビットを埋込むという方法等を用いればよい。あるいは、数ブロック分は同じビットを重複して埋込むようにしてもよい。

【0081】以上のように、本発明の第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aによれば、直流成分に近隣した低域成分の周波数係数列 C_a のエネルギー S を判断してデジタル情報を埋込む。これにより、復号時の画質劣化を少なくでき、第三者による不正利用のための攻撃に対して、埋込んだデジタル情報の消失を防ぐことができる。

【0082】なお、上記第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aの周波数変換部12は、上述した離散コサイン変換（DCT）に限るものではなく、フーリエ変換またはアダマール変換等であってもかまわない。また、係数算出部13における特定の周波数係数列 C_a を選択する方法は、上述した直流成分により近い9個の低域成分の周波数係数 $C_1 \sim C_a$ に限られるものではなく、その他の複数の周波数係数 C を用いてもよいし、各ブロックごとに同じ位置の周波数係数 C を選択しなくてもかまわない。また、エネルギー S の算出方法は、上述した周波数係数列 C_a の振幅絶対値の総和あるいは平均を求める方法、2乗の総和あるいは平均を求める方法、および、分散を求める方法に限られるものではなく、その他の方法を用いて計算を行ってもよい。さらに、信号置換部15における量子化値 q の置換処理は、埋込むデジタル情報の論理値が「0」の場合に M/Q の値に最も近い奇数の量子化値に、論理値が「1」の場合に M/Q の値に最も近い偶数の量子化値に置換するようにしてもよい。

【0083】（第2の実施形態）図5は、本発明の第2の実施形態に係るデジタル情報抽出装置の構成を示すブロック図である。第2の実施形態に係るデジタル情報抽出装置1Bは、上記第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aによって埋込まれたデジタル情報を抽出するための装置である。図5において、第2の実施形態に係るデジタル情報抽出装置1Bは、ブロック分割部11と、周波数変換部12と、係数算出部13と、量子化

部 14 と、情報抽出部 21 とを備える。

【0084】なお、第 2 の実施形態に係るデジタル情報抽出装置 1 B のブロック分割部 11、周波数変換部 12、係数算出部 13 および量子化部 14 は、それぞれ上記第 1 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置 1 A のブロック分割部 11、周波数変換部 12、係数算出部 13 および量子化部 14 と同様の構成であり、以下当該構成については、同一の参照番号を付してその説明を一部省略する。

【0085】ブロック分割部 11 は、画像信号 81 を入力する。この画像信号 81 は、上記第 1 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置 1 A の周波数逆変換部 17 が出力する画像信号 72 に加え、量子化部 14 で用いたしきい値 K と、線形量子化に用いた量子化ステップサイズ Q とを含んでいる。ブロック分割部 11 は、入力した画像信号 81 を予め定めたブロックサイズに従って複数のブロックに分割する。周波数変換部 12 は、分割したブロックごとに周波数変換することで周波数係数 C をそれぞれ算出する。係数算出部 13 は、周波数変換部 12 で得られた周波数係数 C のうち特定の周波数係数 C を複数選択し、選択した周波数係数 C の絶対平均値 M とエネルギー S とを計算する。量子化部 14 は、係数算出部 13 で求めたエネルギー S が予め定めたしきい値 K 以上である場合のみ、予め定めた量子化ステップサイズ Q を用いて、求めた絶対平均値 M を線形量子化して量子化値 q を算出する。情報抽出部 21 は、量子化部 14 において算出された量子化値 q のそれぞれについて値が偶数か奇数かを判定し、当該判定に基づいて埋込んだデジタル情報の論理値を判断する。

【0086】以下、図 6 を参照して、第 2 の実施形態に係るデジタル情報抽出装置 1 B が行うデジタル情報抽出方法を順に説明する。図 6 は、図 5 の係数算出部 13、量子化部 14 および情報抽出部 21 で行う処理を示すフローチャートである。

【0087】まず、係数算出部 13 は、ブロック分割部 11 でブロックに分割されたブロック位置を示すカウンタ n の値を「1」とする（ステップ S601）。次に、係数算出部 13 は、周波数変換部 12 で求めた第 n ブロック目の周波数係数 C のうち、特定の周波数係数 $C_1 \sim C_a$ 、すなわち周波数係数列 C_a を選択する（ステップ S602）。この周波数係数列 C_a の情報は、デジタル情報埋込み装置 1 A から画像信号 81 と共に与えられるようにしてもよいし、デジタル情報抽出装置 1 B が予め固定的に有していてもよい。さらに、係数算出部 13 は、上記選択した周波数係数列 C_a の絶対平均値 M とエネルギー S とをそれぞれ計算する（ステップ S603）。

【0088】次に、量子化部 14 は、上記ステップ S603 で計算したエネルギー S が、与えられたしきい値 K 以上であるか否かを判定する（ステップ S604）。上

記ステップ S604 の判定においてエネルギー S がしきい値 K 以上である場合は、与えられた量子化ステップサイズ Q を用いて、絶対平均値 M を線形量子化して量子化値 q を算出する（ステップ S605）。これに対し、上記ステップ S604 の判定においてエネルギー S がしきい値 K 未満の場合には、第 n ブロックにはデジタル情報を埋込まれていないと判断し、次のブロックを特定するために、カウンタ n の値に「1」を加えて（ステップ S610）、ステップ S602 以降の処理を繰り返す。

【0089】次に、情報抽出部 21 は、上記ステップ S605 において算出した量子化値 q の値が偶数か奇数かを判定する（ステップ S606）。このステップ S606 の判定において量子化値 q が偶数である場合、情報抽出部 21 は、第 n ブロックの位置に埋込んであるデジタル情報の論理値は「0」とであると判断する（ステップ S607）。一方、上記ステップ S606 の判定において量子化値 q が奇数である場合、情報抽出部 21 は、第 n ブロックの位置に埋込んであるデジタル情報の論理値は「1」とであると判断する（ステップ S608）。

【0090】そして、情報抽出部 21 は、以上述べたデジタル情報の抽出処理（上記ステップ S602～S608）を第 1～第 N ブロックのすべてについて行うべく、すべてのブロックについて処理を行ったか否かを判断する（ステップ S609）。このステップ S609 の判断においてまだ第 N ブロックまで抽出していない場合には、次の第 $(n+1)$ ブロックの抽出処理に移行すべく、カウンタ n の値に「1」を加えた後（ステップ S610）、上記ステップ S602 に戻って同様の処理を繰り返す。一方、上記ステップ S609 の判断において第 N ブロックまで抽出した場合には、抽出処理が終了する。このように、情報抽出部 21 は、上述したデジタル情報の抽出処理を第 1～第 N ブロックのすべてについて行い、画像信号内に埋込まれている論理値をそれぞれ抽出し、デジタル情報のビットストリーム 82 として再現する。

【0091】以上のように、本発明の第 2 の実施形態に係るデジタル情報抽出装置 1 B によれば、高周波帯域のデータ破壊に対する影響をほとんど受けないより低域成分の複数の周波数係数 C を抽出し、予め定めた方法で当該周波数係数 C の絶対平均値 M の量子化値 q を算出した結果により、埋込んだデジタル情報の論理値を判断する。従って、不正利用者の攻撃に対する影響を受けることなく、正確なデジタル情報を取り出すことができる。

【0092】（第 3 の実施形態）図 7 は、本発明の第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置の構成を示すブロック図である。図 7 において、第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置 2 A は、ブロック分割部 11 と、周波数変換部 12 と、係数算出部 13 と、係数乗算部 31 と、量子化部 14 と、信号置換部 15 と、係数修正部 16 と、周波数逆変換部 17 とを備える。

【0093】なお、第3の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置2Aのブロック分割部11、周波数変換部12、係数算出部13、量子化部14、信号置換部15、係数修正部16および周波数逆変換部17は、それぞれ上記第1の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置1Aのブロック分割部11、周波数変換部12、係数算出部13、量子化部14、信号置換部15、係数修正部16および周波数逆変換部17と同様の構成であり、以下当該構成については、同一の参照番号を付してその説明を一部省略する。

【0094】ブロック分割部11は、デジタル化された画像信号71を入力し、予め定めたブロックサイズに従って複数のブロックに分割する。周波数変換部12は、ブロック分割部11が分割したブロックごとに周波数変換を行うことで、周波数係数Cをそれぞれ算出する。係数算出部13は、周波数変換部12で得られた周波数係数Cのうち特定の周波数係数Cを複数選択し、選択した周波数係数Cの絶対値の平均値（以下、絶対平均値という）MとエネルギーSとを計算する。係数乗算部31は、係数算出部13が算出したエネルギーSが予め定めたしきい値K未満、かつ、予め定めた下限値K1（ $K1 \leq K$ ）以上の範囲であれば、エネルギーSの算出に用いた周波数係数列Caに予め定めた値L（Lは、1以下の実数）を乗算する。量子化部14は、係数算出部13で求めたエネルギーSが予め定めたしきい値K以上である場合のみ、予め定めた量子化ステップサイズQを用いて、求めた絶対平均値Mを線形量子化して量子化値qを算出する。信号置換部15は、量子化値qと埋込むデジタル情報の値とに基づいて、当該量子化値qを値（ $q-1$ ）または値（ $q+1$ ）に置換して出力するか、そのままの値qを出力する。係数修正部16は、信号置換部15が出力する量子化値（ $q-1$ ）、（ $q+1$ ）またはqを、量子化ステップサイズQを用いて逆線形量子化することで平均値M'を求め、上記絶対平均値Mとの差DM（ $=M'-M$ ）を算出し、上記選択した周波数係数Cのすべてを修正する。周波数逆変換部17は、ブロック分割部11で分割されたすべてのブロックをそれぞれ周波数逆変換して、画像信号73を再構成する。

【0095】以下、図8および図3を参照して、第3の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置2Aが行うデジタル情報埋込み方法を順に説明する。図8は、図7の係数算出部13、係数乗算部31、量子化部14、信号置換部15および係数修正部16で行う処理を示すフローチャートである。なお、図8において、図3と同一の処理を行うステップについては、図3に示したものと同一のステップ番号を付して、その説明を省略する。

【0096】図8を参照して、ブロック分割部11が分割した複数のブロックに関し、係数算出部13は、周波数変換部12で求めた第nブロック目の周波数係数Cのうち、特定の周波数係数C1～Ca、すなわち周波数係

数列Caを選択する（ステップS302）。そして、係数算出部13は、上記選択した周波数係数列Caの絶対平均値MとエネルギーSとをそれぞれ計算する（ステップS303）。

【0097】次に、係数乗算部31は、上記ステップS303で計算したエネルギーSが、予め定めたしきい値K以上であるか否かを判定する（ステップS801）。このステップS801の判定においてエネルギーSがしきい値K以上である場合は、この第nブロックにデジタル情報を埋込むべく、上記ステップS305以降の処理を順に行う。一方、上記ステップS801の判定においてエネルギーSがしきい値K未満である場合、係数乗算部31は、上記ステップS303で計算したエネルギーSが、予め定めた下限値K1以上であるか否かをさらに判定する（ステップS802）。

【0098】上記ステップS802の判定においてエネルギーSが下限値K1以上である場合、係数乗算部31は、上記ステップS302で選択した周波数係数列Caの各周波数係数C1～CaをL倍する（ステップS803）。そして、上記ステップS802の判定においてエネルギーSが下限値K1未満の場合、および、上記ステップS803において周波数係数列CaをL倍した後は、次の第（n+1）ブロックの埋込み処理に移行すべく、カウンタnの値に「1」を加えた後（ステップS319）、上記ステップS302に戻って同様の処理を繰り返す。

【0099】例えば、図2（c）に示した周波数係数列C9をL倍する例を以下に示す。なお、この例では、エネルギーSを周波数係数列C9の振幅絶対値の平均として計算しており、また、しきい値 $K=20$ 、下限値 $K1=15$ 、 $L=0.9$ としている。今、上記ステップS302で選択した周波数係数列C9が、 $C9 = \{40, -40, 50, 20, -7, 5, -4, 3, 1\}$ であった場合、周波数係数列C9のエネルギーSは、 $18.9 (=170/9)$ となる。従って、エネルギーSがしきい値K未満、かつ、下限値K1以上であるので、この例での周波数係数列C9については、周波数係数C1～CaをそれぞれL倍して、

$$C9 = \{36, -36, 45, 18, -6.3, 4.5, -3.6, 2.7, 0.9\}$$

の周波数係数列C9に置き換えることとなる（このとき、置換後の周波数係数列C9のエネルギーSは、 $17 (=153/9)$ となる）。

【0100】以上のように、本発明の第3の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置2Aによれば、直流成分に近隣した低域成分の周波数係数列CaのエネルギーSを判断してデジタル情報を埋込む。これにより、復号時の画質劣化を少なくでき、第三者による不正利用のための攻撃に対して、埋込んだデジタル情報の消失を防ぐことができる。さらに、本発明の第3の実施形態に係るデジ

タル情報埋込み装置 2 A によれば、選択された周波数係数列 C a のエネルギー S がしきい値 K に近い場合（実際は、少し小さい場合）のみ、当該周波数係数列 C a をある予め定めた値 L で乗算する。これにより、デジタル情報の抽出処理において、第三者による不正利用のための攻撃に対して、上記第 1 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置 1 A よりも一層、しきい値 K 以上であるか否かを判断する場合の誤検出および検出もれを防ぐことができるため、埋込んだデジタル情報をより正確に取り出すことができる。

【0101】なお、上記第 1～第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置および抽出装置において用いるデジタル画像信号は、静止画像信号に限られるものではなく、動画画像信号であってもよい。動画画像信号の場合、動画画像を構成している各フレームごとに、上述したデジタル情報の埋込み処理および抽出処理を行うことで同様の効果を奏することができる。また、上記第 1～第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置および抽出装置では、係数算出部 1 3 を用いてエネルギー S の算出し、しきい値 K 以上のブロックのみにデジタル情報を埋込むようにしたが、このしきい値処理を行うことなくデジタル情報を埋込むようにしてももちろん構わない。

【0102】また、典型的には、上記第 1～第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置および抽出装置が実現する各機能は、所定のプログラムデータが格納された記憶装置（ROM、RAM、ハードディスク等）と、当該プログラムデータを実行する CPU（セントラル・プロセッシング・ユニット）とによって実現される。この場合、各プログラムデータは、CD-ROM やフロッピーディスク等の記録媒体を介して導入されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係るデジタル情報埋

込み装置 1 A の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 のブロック分割部 1 1 および周波数変換部 1 2 が行う処理の一例を示す図である。

【図 3】図 1 の係数算出部 1 3、量子化部 1 4、信号置換部 1 5 および係数修正部 1 6 で行う処理を示すフローチャートである。

【図 4】図 1 の信号置換部 1 5 で行う処理の一例を示す図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施形態に係るデジタル情報抽出装置 1 B の構成を示すブロック図である。

【図 6】図 5 の係数算出部 1 3、量子化部 1 4 および情報抽出部 2 1 で行う処理を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の第 3 の実施形態に係るデジタル情報埋込み装置 2 A の構成を示すブロック図である。

【図 8】図 7 の係数算出部 1 3、係数乗算部 3 1、量子化部 1 4、信号置換部 1 5 および係数修正部 1 6 で行う処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1 A、2 A…デジタル情報埋込み装置

1 B…デジタル情報抽出装置

1 1…ブロック分割部

1 2…周波数変換部

1 3…係数算出部

1 4…量子化部

1 5…信号置換部

1 6…係数修正部

1 7…周波数逆変換部

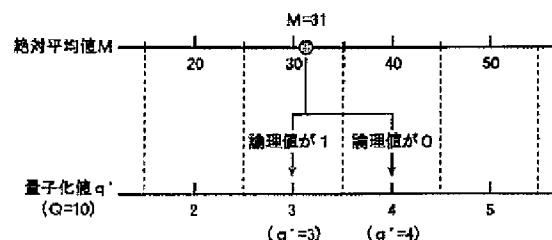
2 1…情報抽出部

3 1…係数乗算部

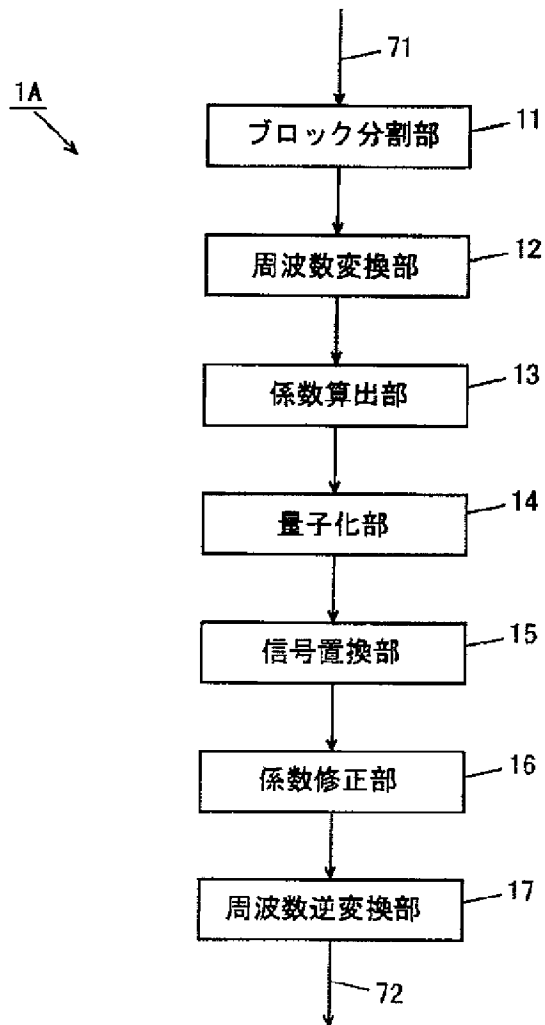
7 1～7 3、8 1…画像信号

8 2…ビットストリーム

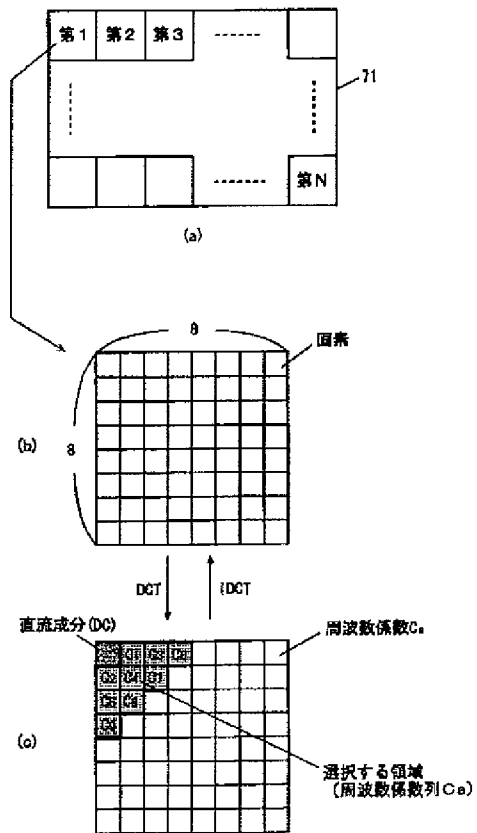
【図 4】



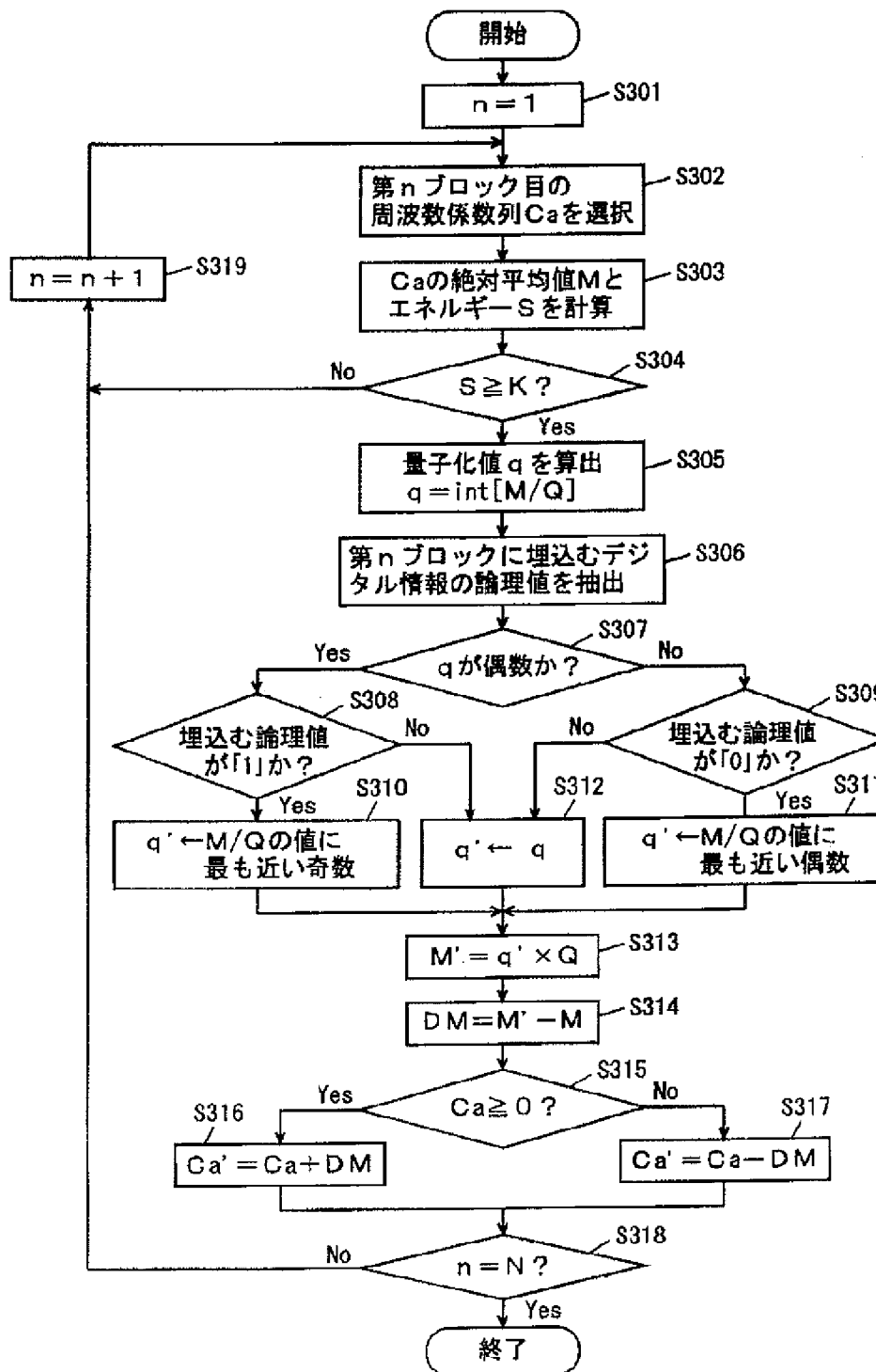
【図1】



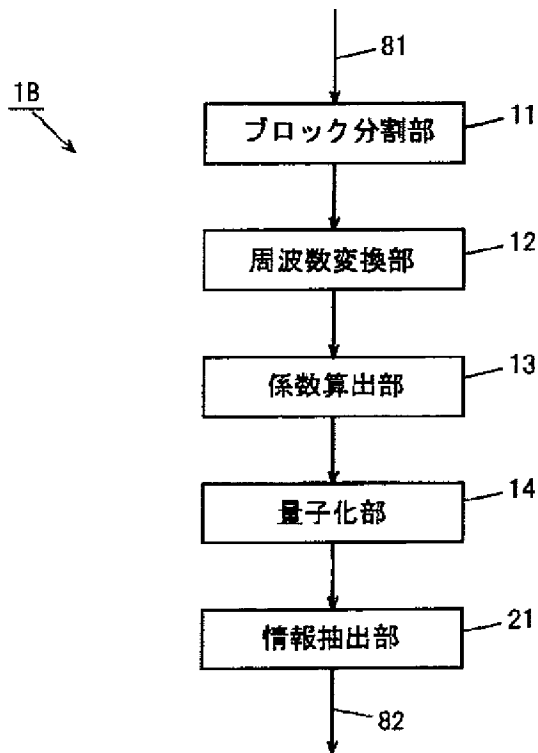
【図2】



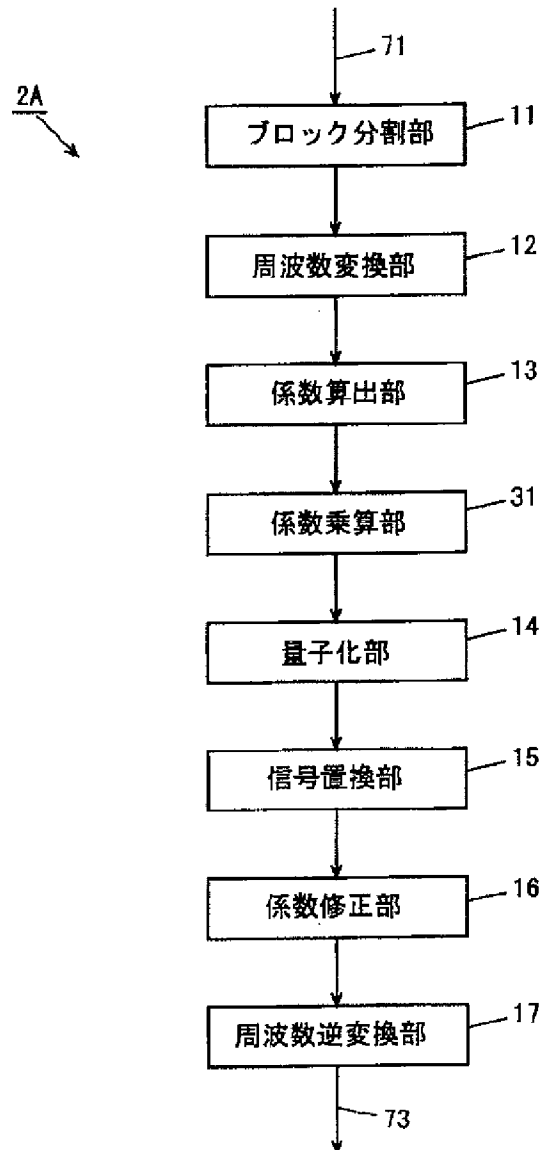
【図3】



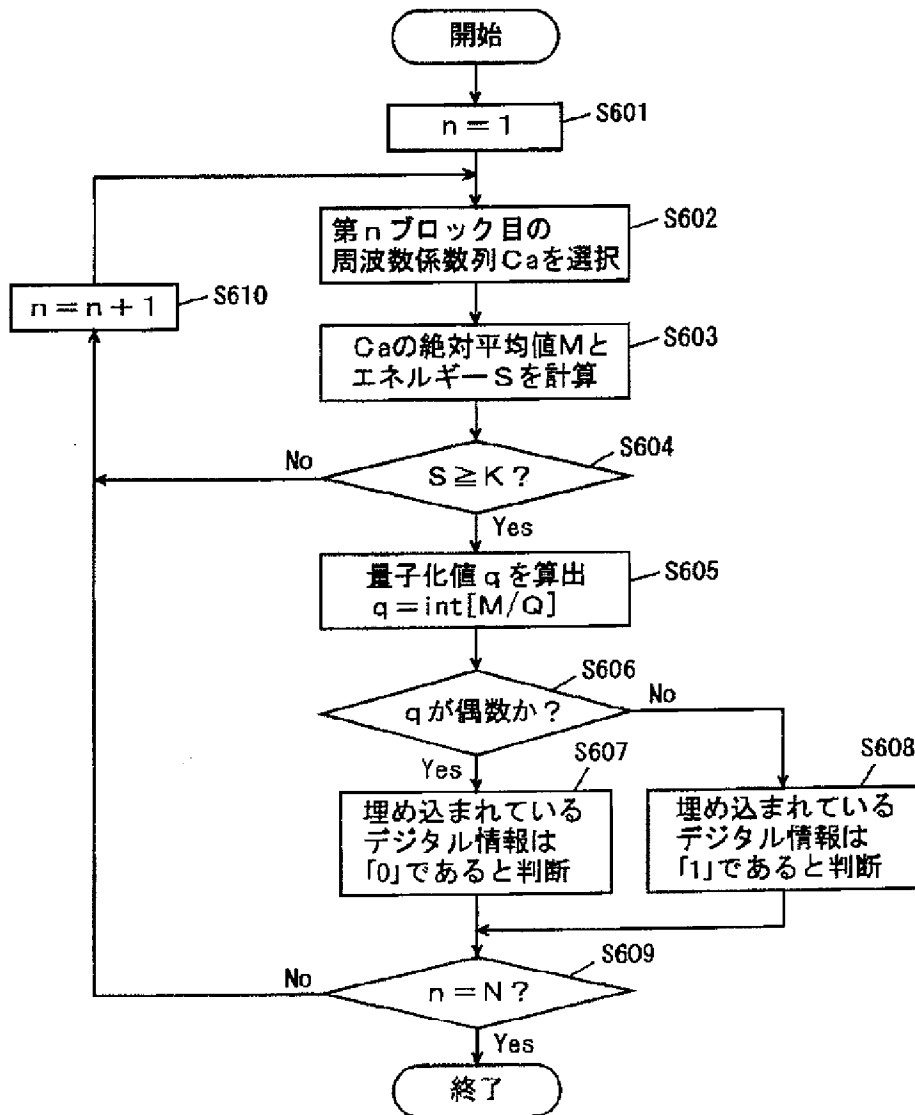
【図5】



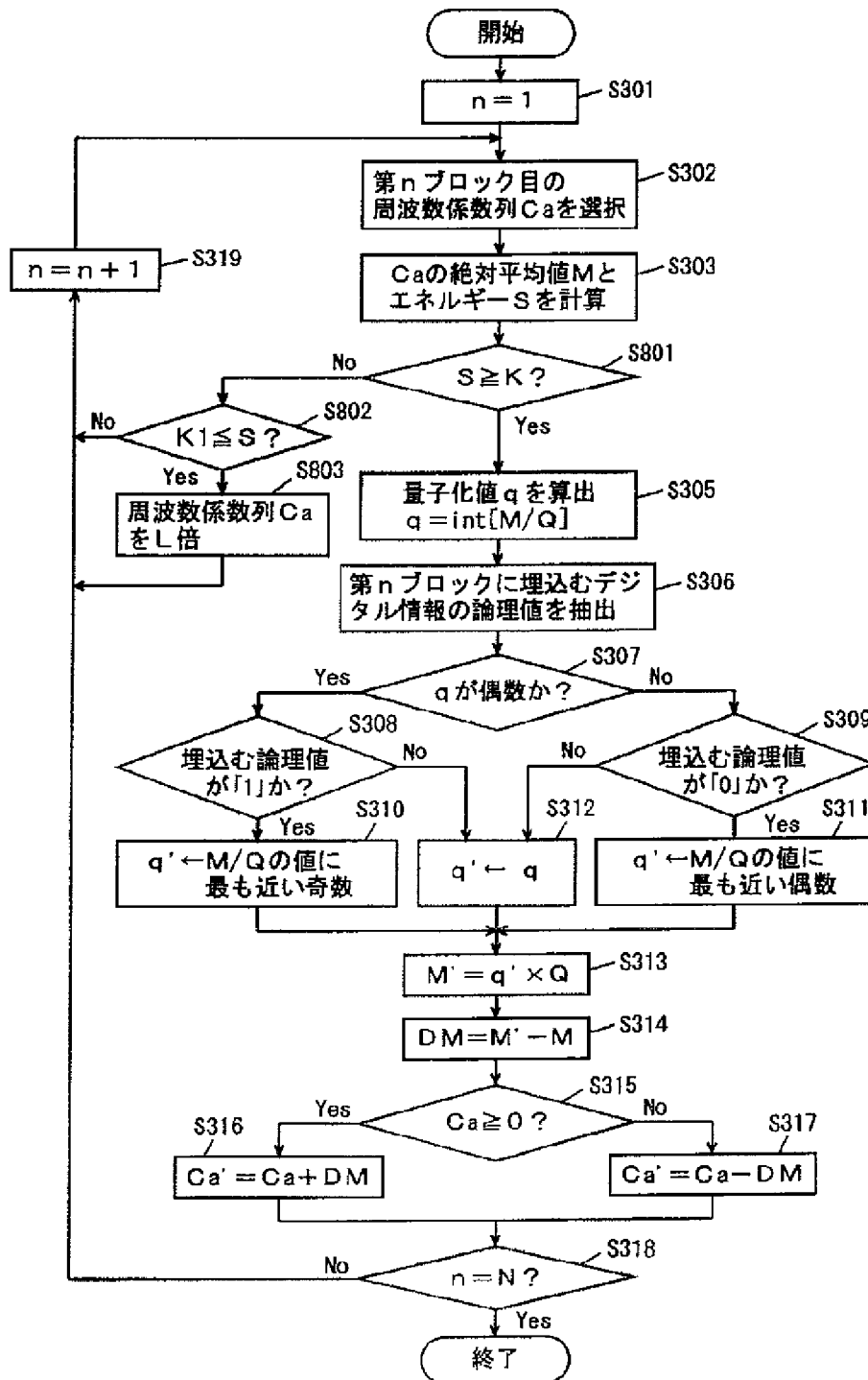
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 CA08 CA12 CA16 CB06 CB08
CB12 CB16 CB18 CC02 CE09
CG07
5C076 AA02 AA14 AA40 BA06
5J104 AA14 AA15 NA27 PA07 PA09
PA14